

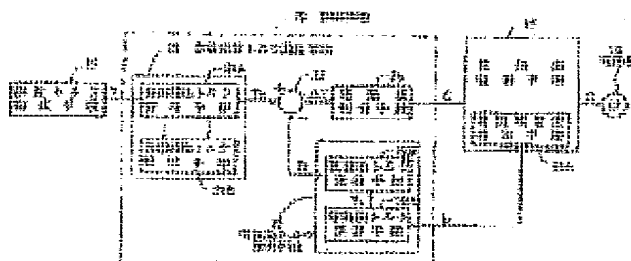
**ELECTRIC POWER STEERING DEVICE****Publication number:** JP7132839 (A)**Publication date:** 1995-05-23**Inventor(s):** SHIMIZU YASUO; NAKAMURA YOSHITO; HIRONAKA SHINJI;  
MUKAI YOSHINOBU; NORO EIKI**Applicant(s):** HONDA MOTOR CO LTD**Classification:****- international:** B62D6/00; B62D5/04; B62D119/00; B62D6/00; B62D5/04;  
(IPC1-7): B62D5/04; B62D6/00; B62D119/00**- European:****Application number:** JP19930279706 19931109**Priority number(s):** JP19930279706 19931109**Also published as:**

JP2839129 (B2)

**Abstract of JP 7132839 (A)**

**PURPOSE:**To provide the actual auxiliary torque in consideration of the effect of the inertia torque and viscous torque of a motor and a rack with a simple structure by providing a motor torque calculating means calculating the motor torque based on the motor current and a converting means converting the motor torque into the actual auxiliary torque on an actual auxiliary torque detecting means.

**CONSTITUTION:**The actual auxiliary torque detecting means 22 of a control means 20 is provided with a motor torque calculating means 22A and an actual auxiliary torque converting means 22B. The motor torque calculating means 22A receives the motor current  $I_m$  detected by a motor current detecting means 15A, converts it into the electric signal, and calculates the motor torque  $T_m$  via the multiplication by the motor torque constant; The actual auxiliary torque  $T_a$  corresponding to the auxiliary steering force generated by a motor 10 is outputted by the actual auxiliary torque converting means 22B, the control signal  $C$  corrected based on the deviation  $DELTA T$  with the signal  $T_s$  of a target auxiliary torque generating means is outputted, and the motor 10 is controlled so that the actual auxiliary torque  $T_a$  becomes equal to the target auxiliary torque  $T_s$ .



Data supplied from the esp@cenet database — Worldwide

(11)特許出願公開番号

特開平7-132839

(43)公開日 平成7年(1995)5月23日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 6 2 D 5/04		8510-3D		
6/00		8510-3D		
// B 6 2 D 119:00				

審査請求 未請求 請求項の数3 OL (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平5-279706

(22)出願日 平成5年(1993)11月9日

(71)出願人 000005326

本田技研工業株式会社  
東京都港区南青山二丁目1番1号

(72) 発明者 清水 康夫

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社  
本田技術研究所内

(72)発明者 中村 義人

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社  
本田技術研究所内

(72)發明者 広中 慎司

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社  
本田技術研究所内

(74)代理人 弁護士 下田 容一郎 (外3名)

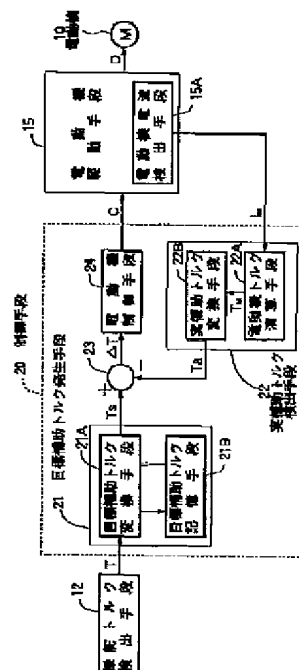
[最終頁に続く](#)

(54) 【発明の名称】 電動式パワーステアリング装置

(57) 【要約】

【目的】 電動機、ラックの慣性トルクおよび粘性トルクの影響を考慮した補助操舵トルクが得られる電動式パワーステアリング装置を提供する。

【構成】 操舵トルク検出手段１２からの操舵トルク信号Ｔを目標補助トルクＴ<sub>s</sub>に変換する目標補助トルク発生手段２１と、電動機電流検出手段１５Ａからの電動機電流Ｉ<sub>u</sub>に基づいて電動機トルクＴ<sub>e</sub>を演算する電動機トルク演算手段２２Ａ、および電動機系、ラック系の自由度２の力学モデルを構築し、このモデルに基づいた電動機トルクＴ<sub>e</sub>入力と実補助トルクＴ<sub>a</sub>出力の運動方程式を解いて得られる伝達関数Ｇ（ｓ）を実現するフィルタ手段を有する実補助トルク変換手段２２Ｂを備えた実補助トルク検出手段２２と、目標補助トルクＴ<sub>s</sub>と実補助トルクＴ<sub>a</sub>の偏差ΔＴに基づいて電動機駆動手段１５を介して電動機１０を駆動制御する電動機制御手段２４とで構成される制御手段２０を備えた電動式パワーステアリング装置。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ステアリング系に作用する操舵トルクを検出する操舵トルク検出手段と、この操舵トルク検出手段から出力されるトルク信号に対応して目標補助トルクを発生する目標補助トルク発生手段と、電動機が発生する実補助トルクを検出する実補助トルク検出手段と、前記目標補助トルク発生手段と前記実補助トルク検出手段からの信号に基づいて前記電動機を駆動する電動機駆動手段とを備えた電動式パワーステアリング装置において、

前記実補助トルク検出手段は、電動機電流検出手段が検出する電動機電流に基づいて電動機トルクを演算する電動機トルク演算手段と、前記電動機トルクを実補助トルクに変換する実補助トルク変換手段とを備えたことを特徴とする電動式パワーステアリング装置。

【請求項 2】 前記実補助トルク変換手段は、電動機系およびラック系を構成する自由度 2 の力学モデルの運動方程式に基づいて演算された伝達関数を有するフィルタ手段を備えたことを特徴とする請求項 1 記載の電動式パワーステアリング装置。

【請求項 3】 前記実補助トルク変換手段は、演算された伝達関数が高次数の場合、2 次の伝達関数で近似するフィルタ手段を備えたことを特徴とする請求項 2 記載の電動式パワーステアリング装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は電動機の動力を操舵補助力としてステアリング系に作用させ、操舵力の軽減を図る電動式パワーステアリング装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来の電動式パワーステアリング装置において、ステアリング系に補助操舵トルクを与えるための電動機を設け、ステアリング系に作用する手動の操舵トルクに対応した電動機の駆動トルクを発生させてステアリング系をアシストすることにより、運転者の操舵力を軽減するよう構成されたものは知られている。

【0003】 図 7 に従来の電動式パワーステアリング装置の全体構成図、図 8 に従来の電動式パワーステアリング装置の制御系ブロック構成図を示す。図 7 において、電動式パワーステアリング装置は、ハンドル 1 に一体的に設けられたステアリング軸 2 に自在継ぎ手 3 a、3 b を備えた連結軸 3 を介してステアリング・ギアボックス 4 内に設けられたラック&ピニオン機構 5 のピニオン 5 a に連結されて手動操舵力発生手段 6 が構成される。

【0004】 ピニオン 5 a に噛み合うラック歯 7 a を備え、これらの噛み合いにより往復運動するラック軸 7 は、その両端にタイロッド 8 を介して転動輪としての左右の前輪 9 に連結される。このようにして、ハンドル 1 操舵時には通常のラック&ピニオン式のステアリングを

介し、前輪 9 を転動させて車両の向きを変えている。

【0005】 手動操舵力発生手段 6 による操舵力を軽減するため、アシスト・トルクを供給する電動機 10 をラック軸 7 と同軸的に配設し、ラック軸 7 にほぼ平行に設けられたボールねじ機構 11 を介してアシスト・トルクを推力に変換してラック軸 7 に作用させる。電動機 10 のロータには駆動側ヘリカル・ギア 10 a が一体的に設けられ、駆動側ヘリカル・ギア 10 a はボールねじ機構 11 のねじ軸の軸端に一体的に設けられた従動側ヘリカル・ギア 11 b と噛み合わされている。ボールねじ機構 11 のナットはラック軸 7 に連結されている。

【0006】 ステアリング・ギアボックス 4 内には、ピニオン 5 a に作用する手動トルクを検出するための操舵トルク検出手段 12 を設け、トルク信号 T を制御部 14 に提供している。制御部 14 はトルク信号 T に基づいて制御信号 C を電動機駆動手段 15 に提供し、電動機駆動手段 15 は電動機駆動信号 D を出力し、電動機 10 を駆動することにより、電動機 10 からアシスト・トルクが出力される。

【0007】 図 8 に示すように、制御部 14 は、操舵トルク検出手段 12 が検出したトルク信号 T を目標とするアシスト・トルクに変換してアシスト・トルク量 T T を出力する目標アシスト・トルク発生手段 16 と、アシスト・トルク量 T T に対応した制御信号 C を出力する電動機制御手段 17 から構成され、制御信号 C を電動機駆動手段 15 に供給し、電動機駆動手段 15 は制御信号 C に応じた電動機駆動信号 D で電動機 10 を駆動することにより、ステアリング・ギアボックス 4 のラック軸 7 の推力をアシストするよう構成される。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】 従来の電動式パワーステアリング装置は、アシスト・トルクの設定を制御部 14 が電動機駆動手段 15 を介して電動機 10 に供給する電動機電流 I M の制御によってのみ行い、電動機電流 I M に駆動された電動機 10 が発生する電動機トルクがアシスト・トルクと等しくなるよう構成されている。

【0009】 しかし、電動機 10 の慣性モーメントおよび粘性抵抗等が大きな場合、これらの慣性モーメントおよび粘性抵抗に起因し、電動機トルクと反対方向に作用する慣性トルク、および粘性トルクの影響が大きくなり、電動機電流 I M による電動機トルクを考慮するだけでは最適なアシスト・トルクが得られず、操舵フィーリングが悪化する課題がある。

【0010】 例えば、電動機 10 を直流モータで構成した場合、直流モータに発生するアシスト・トルク T a は一般的に数 1 で表わされる。

## 【0011】

【数 1】

$$T a = k T m * I_m - J_m * \ddot{\theta}_m - D_m * \dot{\theta}_m \pm T_r$$

【0012】ただし、 $k_{Tm}$ はモータのトルク定数、 $J_m$ はモータの慣性モーメント、 $D_m$ はモータの粘性係数、 $I_m$ はモータ電流、 $\Theta_m''$ はモータの回転角加速度、 $\Theta_m'$ はモータの回転角速度、 $T_f$ はクーロン摩擦トルクがそれぞれ定義される。

【0013】図7、図8に示す従来の電動式パワーステアリング装置は、アシスト・トルク $T_a$ がモータ電流 $I_m$ のみに基づいて決定されているため、数1からアシスト・トルク $T_a = k_{Tm} \cdot I_m$ のみとなる。

【0014】一般に、モータの粘性係数 $D_m$ 、クーロン摩擦トルク $T_f$ は非常に小さく省略できる場合が多いが、モータの慣性モーメント $J_m$ は車両重量が増大して必要アシスト量が増えると大きなモータパワーが必要とされ、必然的にモータも大型化して慣性モーメント $J_m$ も大きくなる。

【0015】すると、モータの回転立上がり時に発生するモータの回転角加速度 $\Theta_m''$ により、数1のアシスト・トルク $T_a$ が減少してアシストが遅れたり、モータがアシストしてない( $I_m = 0$ )場合、タイヤからの反力はラックを介してモータに伝達されて回転角加速度 $\Theta_m''$ が発生し、タイヤからの反力に加え、回転角加速度 $\Theta_m''$ に起因する慣性トルク(反力トルク) $T_d = -J_m \cdot \Theta_m''$ がハンドル操作と反対方向に発生し、操舵フィーリングを低下させる課題がある。

【0016】この発明はこのような課題を解決するためなされたもので、その目的は慣性トルクおよび粘性トルクの影響を考慮したステアリング系を電動機系およびラック系の自由度2の力学モデルで構築し、力学モデルに基づく運動方程式から伝達関数を求め、この伝達関数を実現するフィルタを構成することにより、電動機トルクを入力とした最適なアシスト・トルクが得られる電動式パワーステアリング装置を提供することにある。

【0017】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するためこの発明に係る電動式パワーステアリング装置は、実補助トルク検出手段に、電動機電流検出手段が検出する電動機電流に基づいて電動機トルクを演算する電動機トルク演算手段と、前記電動トルクを実補助トルクに変換する実補助トルク変換手段とを備えたことを特徴とする

【0018】また、実補助トルク変換手段は、電動機系およびラック系を構成する自由度2の力学モデルの運動方程式に基づいて演算された伝達関数を有するフィルタ手段を備えたことを特徴とする。

【0019】さらに、実補助トルク変換手段は、演算された伝達関数が高次数の場合、2次の伝達関数で近似するフィルタ手段を備えたことを特徴とする。

【0020】

【作用】この発明に係る電動式パワーステアリング装置は、実補助トルク検出手段に、電動機電流に基づいて電動機トルクを演算する電動機トルク演算手段と、実補助

トルクに変換する実補助トルク変換手段とを備えたので、電動機電流に対応した電動機トルクを演算し、演算した電動機トルクに基づいて実補助トルクに変換することができる。

【0021】また、実補助トルク変換手段は、電動機系およびラック系を構成する自由度2の力学モデルの運動方程式に基づいて演算された伝達関数を有するフィルタ手段を備えたので、ステアリング系の慣性トルクおよび粘性トルクの影響を考慮した実補助トルクを得ることができる。

【0022】さらに、実補助トルク変換手段は、2次の伝達関数を有するフィルタ手段で近似するので、単純な構成で実補助トルクを得ることができる。

【0023】

【実施例】以下、この発明の実施例を添付図面に基づいて説明する。図1はこの発明に係る電動式パワーステアリング装置の制御系全体ブロック構成図である。図1において、制御系は、ハンドル操作により発生する操舵トルクを検出する、例えばトルクセンサで構成された操舵トルク検出手段12と、制御手段20と、電動機電流検出手段15Aを備えた電動機駆動手段15と、電動機10とから構成する。

【0024】制御手段20は、マイクロプロセッサを基本に構成し、目標補助トルク発生手段21、実補助トルク検出手段22、減算器23、電動機制御手段24を備え、操舵トルク検出手段12が検出するトルク信号Tに対応した目標補助トルク信号Tsを発生し、目標補助トルク信号Tsに基づいて制御信号Cを発生することにより、電動機駆動手段15を介して電動機10を駆動し、必要な補助操舵力(アシスト・トルク)を得る。

【0025】また、制御手段20は、電動機電流検出手段15Aが検出する電動機電流 $I_m$ に基づいて電動機10が発生する補助操舵力(アシスト・トルク)に相当する実補助トルク $T_a$ を出力し、目標補助トルク信号Tsと実補助トルク信号 $T_a$ の偏差 $\Delta T$ に基づいて補正した制御信号Cを出力し、電動機10の発生する実補助トルク $T_a$ が目標補助トルクTsに等しくなるよう制御する。

【0026】目標補助トルク発生手段21は、目標補助トルク変換手段21Aおよび目標補助トルク記憶手段21Bを備え、トルク信号Tを電気信号に変換し、変換したトルク信号Tを予めROM等のメモリに記憶した目標補助トルク信号Tsに変換して減算器23に提供する。

【0027】実補助トルク発生手段22は電動機トルク演算手段22Aおよび実補助トルク変換手段22Bを備え、電動機トルク演算手段22Aは電動機電流検出手段15Aが検出する電動機電流 $I_m$ を取込み、電気信号に変換し、予めROM等のメモリに記憶してある電動機トルク定数 $k_{Tm}$ との乗算( $k_{Tm} \cdot I_m$ )により、電動機トルク $T_m$ を演算する。

【0028】実補助トルク変換手段22Bは、後述するステアリング系の電動機系およびラック系の自由度2の力学モデルに基づいた運動方程式より求めた伝達関数を形成するフィルタ手段で構成し、電動機トルク $T_M$ に対応した実補助トルク $T_a$ を出力する。

【0029】減算器23は、目標補助トルク信号 $T_s$ と実補助トルク信号 $T_a$ の偏差 $\Delta T (=T_s - T_a)$ を演算し、偏差信号 $\Delta T$ を電動機制御手段24に出力する。電動機制御手段24は、偏差信号 $\Delta T$ に基づいて、例えば4個のFETからなるブリッジ回路で構成された電動機駆動手段15を駆動するための制御信号C（例えばPWM信号）を出力する。

【0030】電動機駆動手段15は、制御信号Cを電動機駆動電流（電動機電流 $I_M$ ）に変換し、電動機駆動信号Dを出力して電動機10を駆動する。また、電動機駆動手段15は電動機電流検出手段15Aを備え、検出した電動機電流信号 $I_M$ を実補助トルク発生手段22に提供する。

【0031】図2は電動式パワーステアリング装置の自由度3の力学モデルである。図2において、力学モデル\*20

$$J_M * \Theta_M'' + D_M * \Theta_M' + k_M (\Theta_M - X_R) = T_M$$

$$J_R * X_R'' + D_S * X_R' + k_M (X_R - \Theta_M) + k_S * X_R = 0$$

【0035】数2の微分方程式にラプラス変換を施し、 $s$ 領域の変位 $\Theta_M(s)$ 、 $X_R(s)$ について解くと数3が得られる。

$$\Theta_M(s) = T_M(s) * A / (1 - k_M * A * B)$$

$$X_R(s) = T_M(s) * A * B / (1 - k_M * A * B)$$

$$\text{ただし、} A = 1 / (J_M * s^2 + D_M * s + k_M)$$

$$B = k_M / (J_R * s^2 + D_S * s + k_M + k_S)$$

【0037】図4は入力 $T_M(s)$ とした $\Theta_M(s)$ 、 $X_R(s)$ のブロック線図であり、数3で算出した $\Theta_M(s)$ 、 $X_R(s)$ の関係式に基づいて構成する。

【0038】次に、数1、および数3の第1式より、 $T_a$

$$T_a(s) = k_M \{ \Theta_M(s) - X_R(s) \}$$

$$= T_M(s) * k_M * A * (1 - B) / (1 - k_M * A * B)$$

【0040】図5は入力 $T_M(s)$ とした $T_a(s)$ のブロック線図であり、数4で算出した $k_M \{ \Theta_M(s) - X_R(s) \}$ の関係式に基づいて構成する。

【0041】数4より、図5の伝達関数 $G(s)$ は数5

$$G(s) = T_a(s) / T_M(s)$$

$$= k_M * A * (1 - B) / (1 - k_M * A * B)$$

【0043】このように、図1の実補助トルク変換手段22Bを数5または図6で表わされる伝達関数 $G(s)$ のフィルタ手段で構成することにより、電動機トルク $T_M$ を入力して実補助トルク $T_a$ を得ることができる。

\*はハンドル系、モータ（電動機）系およびラック系の3自由度系で表わし、 $J_S$ 、 $J_M$ はそれぞれハンドル、モータ（電動機）の慣性モーメント、 $J_R$ はラックの質量、 $k_S$ 、 $k_M$ 、 $k_R$ はそれぞれハンドル系のトーションバネ定数、 $D_S$ 、 $D_M$ 、 $D_R$ はそれぞれハンドル系、モータ系、ラック系の減衰係数、 $T_M$ はモータ（電動機）が発生する電動機トルクを示す。ハンドルの固定およびタイヤの剛性の無視という2つの条件を図2に適用するとモータ系およびラック系の2自由度系の力学モデルが得られる。

【0032】図3はこの発明に係る電動式パワーステアリング装置の自由度2の力学モデルである。図3において、 $\Theta_M$ 、 $X_R$ は電動機トルク $T_M$ に伴い生じるそれぞれモータ（電動機）系、ラック系の変位を表す。

【0033】図3の力学モデルに基づき、変位 $\Theta_M$ 、 $X_R$ を変数とした運動方程式は数2の線形微分方程式で表わされる。

【0034】

【数2】

※【0036】  
【数3】

※

★ $a(s)$ は $\Theta_M(s)$ と $X_R(s)$ の偏差にバネ定数 $k_M$ を乗算して求められ、数4で表わされる。

【0039】

【数4】

40☆で表わされ、図6に数5に対応したブロック線図を示す。

【0042】

【数5】

【0044】また、係数AおよびBがそれぞれラプラス演算子 $s$ に関して2次の関数を構成するため、数5または図6の伝達関数 $G(s)$ は4次の関数を構成してフィルタ手段が複雑になるので、4次の伝達関数 $G(s)$ の

7

応答特性を近似できる範囲でフィルタ手段を2次の伝達関数で構成し、フィルタ手段の簡略化を図るよう構成する。

【0045】簡略化した2次の伝達関数 $G_2(s)$ は数6で表わされ、この伝達関数 $G_2(s)$ の減衰係数を1となるよう設定することにより、電動機トルク $T_M$ に対\*

$$G_2(s) = (a_2 s^2 + b_2 s + c_2) / (s^2 + b_1 s + c_1)$$

【0047】なお、本実施例では実補助トルク変換手段22Bを伝達関数 $G(s)$ を発生するフィルタ手段で構成したが、伝達関数 $G(s)$ をソフトで構成し、フィルタ手段を構成するハードを省略することもできる。

【0048】

【発明の効果】以上説明したようにこの発明に係る電動式パワーステアリング装置は、実補助トルク検出手段に電動機トルク演算手段と実補助トルク変換手段を備え、電動機電流に基づいて電動機トルクを演算し、演算した電動機トルクを力学モデルから構築した運動方程式に基づいて解析した伝達関数を実現するフィルタ手段を介することにより実補助トルクを得ることができる。

【0049】また、フィルタ手段は、元のフィルタの伝達関数の応答特性を近似できる範囲で簡略化することができる。

【0050】よって、簡単な構成で電動機およびラックの慣性トルクおよび粘性トルクの影響を考慮した実補助トルクが得られる電動式パワーステアリング装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明に係る電動式パワーステアリング装置の制御系全体ブロック構成図

【図2】電動式パワーステアリング装置の自由度3の力学モデル

【図3】この発明に係る電動式パワーステアリング装置の自由度2の力学モデル

【図4】入力 $T_M(s)$ とした $\Theta_M(s)$ 、 $X_R(s)$ のブロック線図

【図5】入力 $T_M(s)$ とした $T_a(s)$ のブロック線

8

\*する実補助トルク $T_a$ の応答を臨界状態にすることができ、オーバシュートやアンダシュートがなく最も短い時間で最終値に近付けることができる。

【0046】

【数6】

図

【図6】数5に対応したブロック線図

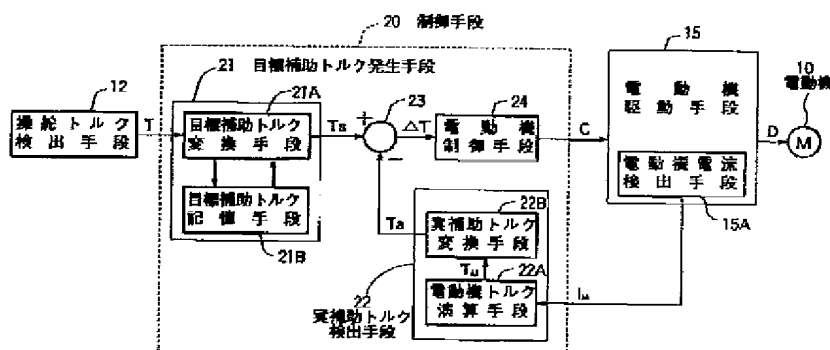
【図7】従来の電動式パワーステアリング装置の全体構成図

【図8】従来の電動式パワーステアリング装置の制御系ブロック構成図

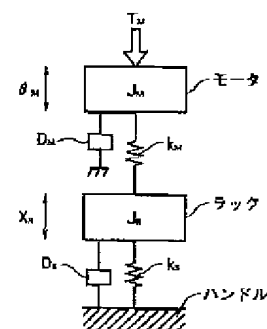
【符号の説明】

1…ハンドル、2…ステアリング軸、3…連結軸、3a、3b…自在継ぎ手、4…ステアリングギアボックス、5…ラック&ピニオン機構、5a…ピニオン、6…手動操舵力発生手段、7…ラック軸、7a…ラック歯、8…タイロッド、9…前輪、10電動機、10a…駆動側ヘリカル・ギア、11…ボールねじ機構、11b…従動側ヘリカル・ギア、12…操舵トルク検出手段、14…制御部、15…電動機駆動手段、15A…電動機電流検出手段、16…目標アシスト・トルク発生手段、17、24…電動機制御手段、20…制御手段、21…目標補助トルク発生手段、21A…目標補助トルク変換手段、21B…目標補助トルク記憶手段、22…実補助トルク検出手段、22A…電動機トルク演算手段、22B…実補助トルク変換手段、23…加算器、Ds…ハンドル系減衰係数、D<sub>M</sub>…モータ系減衰係数、D<sub>R</sub>…ラック系減衰係数、J<sub>S</sub>…ハンドルの慣性モーメント、J<sub>M</sub>…モータ（電動機）の慣性モーメント、J<sub>R</sub>…ラックの質量、k<sub>S</sub>…ハンドル系のバネ定数、k<sub>M</sub>…モータ（電動機）系のバネ定数、k<sub>R</sub>…ラック系のバネ定数、s…ラプラス演算子、T<sub>M</sub>…電動機トルク、T<sub>a</sub>…実補助トルク、 $\Theta_M$ …モータ（電動機）系変位、X<sub>R</sub>…ラック系変位、G(s)、G<sub>2</sub>(s)…伝達関数。

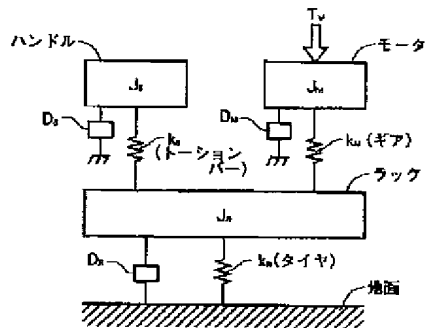
【図1】



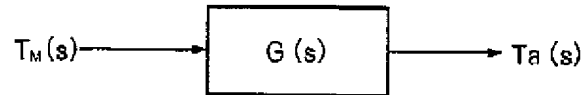
【図3】



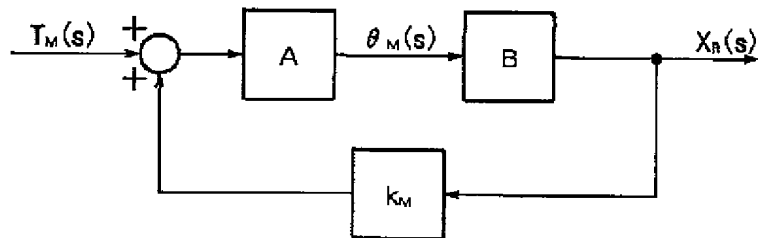
【図2】



【図6】



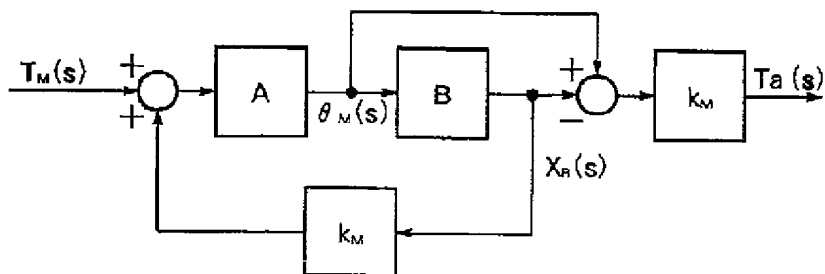
【図4】



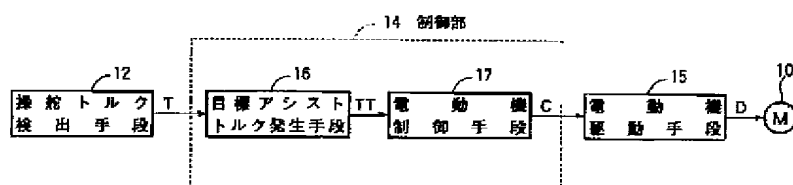
$$A = \frac{1}{J_M \cdot S^2 + D_M \cdot S + k_M}$$

$$B = \frac{K_M}{J_n \cdot S^2 + D_n \cdot S + k_M + k_s}$$

【図5】



【図8】



[illegible]

(72)発明者 向 良信  
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会  
社本田技術研究所内

—341—